



ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ
Всероссийской научной конференции
«Мониторинг состояния и загрязнения
окружающей среды.
Основные результаты и пути развития».

Москва, 20-22 марта 2017 г.

Москва

2017

ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКАЯ ИНДИКАЦИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ МОРСКИХ ОРГАНИЗМОВ ФЕНОЛЬНЫМИ СОЕДИНЕНИЯМИ

В.Е. Ерохин, А.П. Гордиенко

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН,

РФ, 299011, г. Севастополь, пр. Нахимова, 2, veerokhin@gmail.com

Прибрежные морские биоценозы испытывают значительные повреждения при различных загрязнениях. Характер указанных изменений довольно многообразен и зависит от целого ряда факторов. Наиболее часто для оценки влияния загрязняющих веществ контролируют рост культур и темпы деления клеток. Для исследования беспозвоночных животных и рыб обычно используют показатели выживаемости в диапазоне от пороговых до летальных концентраций.

Целью настоящего сообщения является обобщение полученных нами экспериментальных данных по исследованию закономерностей изменения основных показателей жизнедеятельности морских организмов. Эти результаты могут быть использованы для физиолого-биохимической индикации токсического воздействия на них фенольных соединений.

Влияние фенола исследовали на 8 альгологически чистых культурах микроводорослей *Pyrrophyta*, *Chrysophyta* и *Bacillariophyta*, взятых из коллекции отдела экологической физиологии водорослей Института биологии южных морей НАН Украины (ныне ФГБУН ИМБИ РАН). Культуры выращивали на фильтрованной и пастеризованной морской воде. В качестве модельных токсических загрязнителей использовали фенольные соединения (фенол, флороглюцин и гидрохинон) в концентрациях до 100 мг·л⁻¹.

Известно, что разные группы токсикантов вызывают значительные перестройки обмена веществ и физиолого-биохимических характеристик у организмов задолго до достижения летальных концентраций, что позволяет использовать почти все биохимические характеристики в качестве индикаторов для выявления токсического эффекта низких концентраций загрязняющих веществ.

По результатам наших исследований, при воздействии фенолов на микро- и макроводоросли показано, что чувствительными характеристиками являются показатели функционирования энергопроизводящего аппарата (содержание АТФ, пигментов, активность АТФ-азы и пероксидазы, интенсивность люминесценции окисленных флавопротеинов и восстановленных пиридиннуклеотидов и др.). Содержание белка практически не изменялось, поэтому эти величины использовали, наряду с сухой массой водорослей, для расчета относительных значений.

Исследовали динамику изменения энергетического обмена по потреблению кислорода и удельного содержания каротиноидов в тканях морских беспозвоночных в норме и при воздействии различных концентраций фенола. Эксперименты были выполнены на 11 массовых видах литоральных беспозвоночных, в том числе таксонов: **Annelida, Mollusca, Echinodermata и Arthropoda.**

Использовали электрохимические датчики для регистрации кислорода, экспериментальные камеры и двухканальный анализатор собственной разработки. Показано, что уровень энергетического обмена является хорошим индикатором интоксикации беспозвоночных в диапазоне предлетальных концентраций. Обнаружено наличие адаптивной реакции энергетической системы беспозвоночных при фенольной интоксикации. Установлено участие каротиноидной системы (функциональные каротиноиды) в процессе ответной реакции беспозвоночных при воздействии фенола.

Исследовали более 10 видов макроводорослей из различных таксономических групп. Устанавливаемые в экспериментах концентрации фенолов были близки к

естественным, а в ряде случаев превышали ПДК. Для диагностики физиологического состояния макрофитов использовали стандартные биохимические, спектрофотометрические и спектрофлуорометрические методы.

Показано, что в исследованном диапазоне концентраций фенолов происходят нарушения нормального ритма работы пигментной системы макрофитов. Определены величины токсического эффекта, который характеризуется отклонением содержания пигментов в талломах макрофитов при интоксикации относительно контроля. Наиболее подвержены изменениям показатели функционирования энергопроизводящего аппарата

Выявлена корреляция между последовательностью расположения макрофитов в зависимости от содержания пигментов и наблюдаемой ярусностью макрофитов на литорали. Отмечено, что осушаемые на длительное время макрофиты верхней и средней литорали более устойчивы к фенолу, чем макрофиты, которые не осушаются при отливах.

Установлено, что величина токсического эффекта определяется как циркадным суточным ритмом фотосинтетической активности макрофитов, так и колебательным характером ответа пигментной системы. Основную роль в формировании отклика на повреждение играют концентрация и доза токсиканта, адаптационные способности макрофитов и гомеостаз пигментной системы. Выявлено, что интоксикация водорослей сопровождается адаптивной перестройкой метаболизма. В соавторстве с В.Н.Егоровым проведено исследование экспериментальных данных на эмпирической математической модели, содержащей дифференцирующее и колебательное звенья. Получено реализующее модель дифференциальное уравнение и по экспериментальным данным определены его параметры, что позволяет описывать главные гармоника колебаний изменения концентрации хлорофилла "а" в водорослях по отношению к контролю во времени при интоксикации различными концентрациями фенола.

Перспективным направлением является возможность оценки функциональной активности водорослей при фенольной интоксикации на основании соотношения интенсивностей люминесценции восстановленных пиридиннуклеотидов (НАДН и НАДФН), которые обладают собственной люминесценцией в области 465 – 480 нм (I_{465}) и окисленных форм флавиномононуклеотида (ФМН) и флавинадениндинуклеотида (ФАД), обладающих люминесценцией в области 520 – 530 нм (I_{530}).

Ранее одним из авторов совместно с В.Н. Карнауховым был предложен безразмерный коэффициент ξ , с помощью которого можно было судить об изменении энергетического обмена клеток на его терминальной стадии и проводить объективную оценку адаптации энергопроизводящего аппарата макрофитов к воздействию фенолов:

$$\xi = (I_{530} - 0.5I_{465}) \cdot I_{465}^{-1}.$$

В дальнейшем, для целей мониторинга стали широко использовать индикаторы, отражающие соотношение фотоавтотрофной и гетеротрофной компонент системы энергообеспечения фотосинтезирующих клеток высших растений и некоторых водорослей. При этом использовали отношение интенсивности люминесценции хлорофилла в длине волны $\lambda = 680$ нм (I_{680}) к интенсивности люминесценции окисленных флавопротеинов митохондриальной (гетеротрофной) системы энергообеспечения в длине волны $\lambda = 530$ нм (I_{530}).

Для описания физиологического состояния клеток водорослей использовали соотношения интенсивности полос излучения хлорофилла в $\lambda = 680$ нм, фикоцианина в $\lambda = 643$ нм, фикоэритрина в $\lambda = 572$ нм и других люминесцирующих соединений. Люминесцентные методы индикации имеют ряд преимуществ перед другими физиолого – биохимическими индикаторами и заслуживают рекомендации по их применению для ранней диагностики интоксикации морских организмов фенолами.